



<sup>1</sup> ООО «ИСТОК  
АУДИО ЛАБС»

<sup>2</sup> Московский  
областной научно-  
исследовательский  
клинический  
институт  
им. М.Ф. Владимирского

# Объективное определение остроты зрения у пациентов с поражением макулярной области с помощью инфракрасной видеонистагмографии

Е.П. Поручикова, к.м.н.<sup>1</sup>, З.И. Мамедов<sup>2</sup>, И.А. Лоскутов, д.м.н.<sup>2</sup>, О.Л. Поручикова<sup>1</sup>

Адрес для переписки: Игорь Анатольевич Лоскутов, Loskoutigor@mail.ru

Для цитирования: Поручикова Е.П., Мамедов З.И., Лоскутов И.А., Поручикова О.Л. Объективное определение остроты зрения у пациентов с поражением макулярной области с помощью инфракрасной видеонистагмографии. Эффективная фармакотерапия. 2022; 18 (45): 6–12.

DOI 10.33978/2307-3586-2022-18-45-6-12

**Цель** – изучить возможности инфракрасной видеонистагмографии как объективного метода оценки остроты зрения.

**Материал и методы.** Предметом пилотного исследования стали результаты 45 пациентов (78 глаз) в возрасте 25–80 лет. Пациенты были разделены на группы в зависимости от наличия/отсутствия патологии центральной области сетчатки. Всем пациентам выполнили стандартное офтальмологическое обследование, включавшее авторефрактометрию, классическую визометрию с использованием стандартной таблицы Сивцева – Головина, биомикроскопию переднего и заднего отрезков глаза. Объективную остроту зрения определяли методом инфракрасной видеонистагмографии (ИК ВНГ) с использованием опто типа «вертикальные полосы, разреженные на 3» в полном поле проекции. Субъективную и объективную остроту зрения изучали с помощью аппаратно-программного комплекса ВИЗИОН (ООО «ИАИ», Россия). Статистическую обработку данных проводили с применением пакета программ Microsoft Office, STATISTICS (IBM), включавшего методы описательной статистики, корреляционный анализ ( $r$ , критерий Спирмена), дискретный анализ (статистически достоверными считались результаты при  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ ).

**Результаты.** На основании данных обследований все пациенты были разделены на две группы. В первую вошли 20 пациентов (38 глаз) с сухой формой возрастной макулярной дегенерации, во вторую – 25 пациентов (40 глаз) без патологии органа зрения. Среднее значение некорригированной субъективной остроты зрения (НСОЗ) по таблице Сивцева – Головина в первой группе составило  $0,561 \pm 0,324$  ( $0,436-0,686$ ), некорригированной объективной остроты зрения (НООЗ) –  $0,647 \pm 0,282$  ( $0,538-0,757$ ), во второй –  $0,765 \pm 0,306$  ( $0,704-0,826$ ) и  $0,735 \pm 0,344$  ( $0,667-0,803$ ) соответственно. Корреляционный анализ связи между результатами величины некорригированной остроты зрения, определяемой с помощью таблицы Сивцева – Головина и опто типов для ИК ВНГ, позволил установить статистически значимую прямую связь между сравниваемыми признаками очень высокой плотности (согласно таблице Сивцева – Головина, в первой группе – разреженные на 3 вертикальные полосы,  $p = 0,898$  ( $p < 0,001$ ); во второй – разреженные на 3 вертикальные полосы,  $p = 0,910$  ( $p < 0,001$ )). Полученные в ходе анализа регрессионной модели результаты позволили сделать вывод о практически полном соответствии величин опто типов при использовании стандартных таблиц для определения субъективной остроты зрения и проведения ИК ВНГ ( $Y_{p3} > = -0,136 + 1,077 * X_{C_{ив}}$  и  $Y_{p3} > = -0,103 + 1,096 * X_{C_{ив}}$  для первой и второй групп соответственно, где  $Y_{p3} >$  – значение остроты зрения, полученное при проведении ИК ВНГ с опто типом, вертикальные полосы, разреженные на 3,  $X_{C_{ив}}$  – значение остроты зрения, полученное в ходе исследования, проведенного по классической методике с использованием таблицы Сивцева – Головина). Расчет чувствительности и специфичности методики показал высокий процент сопоставимости результатов проверки НСОЗ и НООЗ (чувствительность и специфичность – 70 и 78% в первой и 82 и 82,9% во второй группе соответственно ( $p < 0,001$ )).

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о достаточной достоверности метода для объективного определения остроты зрения.

**Ключевые слова:** визометрия, объективный метод определения остроты зрения, инфракрасная видеонистагмография, нистагм, объективная острота зрения, субъективная острота зрения, оптокинетический нистагм, видеонистагмография



Современные методы определения остроты зрения (ОЗ) во многом зависят от субъективных ответов пациента. Коммуникация пациента и врача имеет решающее значение для надежности тестов по определению ОЗ [1–3]. Однако достоверность субъективных тестов для определения ОЗ резко снижается при плохой коммуникации. Речь, в частности, идет о случаях функциональной потери зрения, а также случаях аггравации, симуляции и диссимуляции среди пациентов, проходящих специализированные врачебно-экспертные комиссии. Оптикинети́ческий нистагм (ОКН) – физиологический ответ, вызванный серией опто́типов, движущихся в поле зрения пациента [4–9]. Как известно, рефлекс практически невозможно подавить усилием воли. Поэтому многие исследователи ставят перед собой задачу оценить зрительную функцию с помощью ОКН со стимулами различных размеров, скоростей и режимов демонстрации [10–16]. Хотя эти исследования продемонстрировали, что результаты теста ОКН коррелируют с ОЗ, они не смогли представить эталонное значение, используемое для прогнозирования реальной ОЗ.

Исследование остроты зрения с помощью вызванного оптикинети́ческого нистагма на основе инфракрасной видеонистагмографии (ИК ВНГ) – теоретический революционный метод объективного определения остроты зрения, когда возможная симуляция со стороны пациента исключена.

Цель работы – изучить возможности ИК ВНГ как объективного метода оценки остроты зрения.

## Материал и методы

В исследовании приняли участие 45 пациентов (78 глаз) из числа обследованных на базе офтальмологического отделения Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф. Владимирского. Средний возраст участников исследования составил  $42 \pm 15$  лет.

На первом этапе всем пациентам проводили стандартные методы исследования (авторефрактометрия, визометрия, биомикроскопия переднего и заднего отрезков глаза) по общепринятому протоколу. Субъективную остроту зрения определяли монокулярно по стандартной таблице Сивцева – Головина без коррекции при стандартном освещении кабинета на расстоянии 5 м от монитора. Величина опто́типов соответствовала утвержденным стандартам [17, 18]. На втором этапе исследования проводили объективное определение остроты зрения методом индукции ОКН с использованием аппаратно-программного комплекса для записи и анализа специфических движений глаз ВИДЕОНИСТАГМОГРАФ (ВИЗИОН) (ОАО «ИАИ», Россия) (КАП ВИЗИОН). Исследование выполняли в темном помещении, после 5–10-минутной темновой адаптации, на расстоянии 4,32–5,50 м от монитора, которое определялось величиной определяемого диапазона острот зрения. Данные величины расстояния от пациента до монитора были обоснованы зависимостью между минималь-

Таблица 1. Соотношение расстояния от пациента до монитора с величиной остроты зрения

Острота зрения	Расчетное оптимальное расстояние от пациента до монитора, м
0,01–0,09; 0,1; 0,4–0,5; 0,8; 1,0	4,32
0,09; 0,3; 0,6–0,7	4,45/4,5
0,75; 0,9	4,85

ными размерами пикселей экрана используемого монитора и величиной ошибки размеров демонстрируемых опто́типов (табл. 1).

Принцип работы КАП ВИЗИОН основан на видеорегистрации рефлекторного движения глаза (ОКН) в ответ на демонстрацию определенных опто́типов (картинок, имеющих заданные параметры и движущихся с заданной скоростью) с дальнейшим проведением анализа полученных данных с помощью разработанного программного обеспечения. Исследование предполагает три основных этапа: проекция опто́типа, имеющего переменную структуру с заданными параметрами, детекция положения центра зрачка с последующим построением графика движения глаза и анализ полученных данных. В начале исследования пациента усаживают на стул перед монитором, на котором демонстрируют опто́типы. При этом он смотрит на экран демонстрационного монитора через зеркало, расположенное на маске прибора, которое пропускает видимый спектр и отражает волны ИК-диапазона, на экран монитора, где демонстрируются различные опто́типы. Глаз исследуемого дополнительно подсвечивается ИК-светодиодами длиной волны 940 нм [19]. Отраженное от ИК-зеркала изображение глаза проецируется на светочувствительную матрицу камеры маски-ВНГ, перед которой установлен ИК-фильтр, отсекающий видимый диапазон волн. Информация с матрицы посредством кабельного подключения передается на персональный компьютер для дальнейшего анализа. В ходе исследования оператор задает дополнительные параметры демонстрации (величина, скорость и направление движения опто́типа на экране демонстрационного монитора) в зависимости от величины субъективной ОЗ (СОЗ) [20].

Конструктивно нистагмограф представляет собой модифицированную очковую оправу с установленными на ней устройствами фиксации нистагменных движений. В устройство вмонтирована камера с встроенным ИК-фильтром, ИК-зеркалом, установленным под определенным углом к глазу так, чтобы не мешать исследуемому видеть стимулы во всем диапазоне движения глаза, и ИК-подсветку. Маска позволяет регулировать межзрачковое расстояние независимо для левого и правого глаз и высоту вертикального положения на лице исследуемого [21–23] (рис. 1). Выбранные параметры расположения ИК-замеров и ИК-зеркал, а также возможность корректировки межцентрового расстояния и высоты посадки маски нистагмографа на лице пациента помогают достигать максимально



Рис. 1. Маска-видеоофтальмограф (ООО «ИСТОК АУДИО ЛАБС», Россия)

Таблица 2. Результаты стандартных методов офтальмологического обследования

Диагностическая процедура	Первая группа		Вторая группа	
	М ± SD	95% ДИ	М ± SD	95% ДИ
Авторефрактометрия	-5,5 ± 4,33	-16,3–5,3	-1,42 ± 1,48	-1,85– -0,97
Некорректируемая острота зрения (таблица Сивцева – Головина)	0,561 ± 0,324	0,436–0,686	0,735 ± 0,344	0,667–0,803

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи между значениями некорректированной остроты зрения, определенной по таблице Сивцева – Головина и в ходе ИК ВНГ (коэффициент корреляции Спирмена)

СОЗ	ООЗ	ВП r*3	p
Первая группа (38 глаз)		0,898*	< 0,001
Вторая группа (40 глаз)		0,910*	< 0,001

сфокусированной картинке в ходе видеосъемки, четкой детекции положения центра зрачка и изменения его положения в процессе исследования. Это напрямую отражается на качестве построения графика движения глаза и определения остроты зрения.

При разработке КАП ВИЗИОН было важно выбрать монитор для проекции оптопов. В имеющейся на сегодняшний день модификации таким монитором стал Odyssey C49G95TSSI с диагональю 49 дюймов (Samsung, Китай) (частота обновления – 240 Гц, яркость экрана – 420 кд/м<sup>2</sup>, время отклика – 1 мс, радиус изгиба – 1000 R). Выбранные параметры монитора позволили обеспечить плавность движения оптопов без возникновения фи-феномена и стробоскопических явлений [23–25]. Время отклика каждого пикселя, их размеры, линейная скорость движения и размеры оптопов позволили нивелировать возникновение серого шлейфа при движении оптопов. Это можно объяснить так: чем меньше время отклика, тем ближе реально отображаемый в динамике оптоп к теоретическому значению. Яркость экрана влияет на качество проецирования минимально различимых

объектов (с минимальными размерами). При недостаточной яркости пациент не сможет отличить два близкорасположенных оптопов даже при хорошем зрении. В связи с этим для каждого размера оптопов были рассчитаны оптимальные скорости движения. Линейная скорость движения оптопов и соотношение размера рассчитаны так, чтобы граница из переключающихся пикселей на выбранном дисплее не оказывала существенного влияния на угловой размер воспринимаемого глазом оптопов. Изогнутая форма монитора также была выбрана не случайно. Она позволяет нивелировать возникающие ошибки в размерах оптопов при их нахождении в крайних положениях (у рамки монитора).

Статистическая обработка данных проводилась с применением пакета программ Microsoft Office, STATISTICS (IBM) и включала в себя методы описательной статистики (М ± SD, 95%-ный доверительный интервал (ДИ)), корреляционный анализ (r, критерий Спирмена), дискретный анализ. Статистически достоверными результаты считались при  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ .

## Результаты

Согласно результатам исследования, среднее значение авторефрактометрии составило  $-5,5 \pm 4,33$  ( $-16,3-5,3$ ) в первой группе и  $1,42 \pm 1,48$  ( $-1,85- -0,97$ ) – во второй, некорректируемая острота зрения по таблицам Сивцева – Головина –  $0,561 \pm 0,324$  ( $0,436-0,686$ ) и  $0,735 \pm 0,344$  ( $0,667-0,803$ ) соответственно (табл. 2). Всем пациентам была проведена стандартная биомикроскопия переднего и заднего отрезков для оценки состояния прозрачности оптических сред и наличия/отсутствия патологии глазного дна. С учетом полученных результатов пациенты были разделены на группы. Первую группу составили пациенты с сухой формой возрастной макулярной дегенерации, вторую (контрольную) – пациенты без патологии центральной зоны сетчатки.

Среднее значение некорректированной остроты зрения пациентов, оцененное с использованием ИК ВНГ с различными оптоповыми, составило  $0,647 \pm 0,282$  (95% ДИ  $0,538-0,757$ ) в первой группе и  $0,765 \pm 0,306$  (95% ДИ  $0,704-0,826$ ) – во второй.

Для сравнения результатов определения СОЗ с использованием стандартной таблицы Сивцева – Головина был применен корреляционный анализ с расчетом коэффициента корреляции Спирмена, что было обосновано отсутствием нормального распределения результатов проверки субъективной и объективной остроты зрения без коррекции, оцененной с использованием оптопов «вертикальные полосы, разреженные на 3». Корреляционный анализ взаимосвязи между значениями ОЗ, определенной по таблице Сивцева – Головина и в ходе проведения ИК-нистагмографии, позволил установить статистически значимую прямую корреляцию сопоставляемых признаков весьма высокой тесноты по шкале Чеддока (для первой группы  $r = 0,898$ ,  $p < 0,001$ , для второй  $r = 0,910$ ,  $p < 0,001$ ) (табл. 3, рис. 2 и 3).





При оценке зависимости результатов объективного определения некорректируемой ОЗ (НКОЗ) с использованием оптотипа «вертикальные полосы, разреженные на 3» в первой группе от результатов субъективного определения ОЗ по таблице Сивцева – Головина была получена следующая регрессионная модель:

$$Y_{p3} > = -0,136 + 1,077 * X_{Сивв}$$

где  $Y_{p3} >$  – значение ОЗ, полученное в ходе ИК ВНГ с оптоотипом «вертикальные полосы, разреженные на 3»;  $X_{Сивв}$  – значение ОЗ, полученное при проведении исследования по классической методике с использованием таблицы Сивцева – Головина. Прямая взаимосвязь объективной и субъективной ОЗ была статистически значимой, высокой тесноты по шкале Чеддока ( $p = 0,898$ ;  $p < 0,001$ ).

Исходя из значения коэффициента регрессии, при увеличении ОЗ на одну ступень (на одну строчку по таблице Сивцева) следует ожидать увеличение ОЗ, определенной в ходе ИК ВНГ с оптоотипом «вертикальные полосы, разреженные на 3», на 1,077, что эквивалентно одной строке по таблице Сивцева. В соответствии с коэффициентом детерминации  $R^2$ , в полученной модели величина объективной ОЗ на 88,0% факторов определена величиной СОЗ.

При оценке зависимости результатов объективного определения НКОЗ с использованием оптотипа «вертикальные полосы, разреженные на 3» во второй группе от результатов субъективного определения ОЗ с использованием таблицы Сивцева – Головина была получена следующая регрессионная модель:

$$Y_{p3} > = -0,103 + 1,096 * X_{Сивв}$$

где  $Y_{p3} >$  – значение ОЗ, полученное в ходе проведения ИК ВНГ с оптоотипом «вертикальные полосы, разреженные на 3»;

$X_{Сивв}$  – значение ОЗ, полученное в ходе исследования по классической методике с использованием таблицы Сивцева – Головина. Выявлена статистически значимая взаимосвязь результатов объективной и субъективной ОЗ зрения высокой тесноты по шкале Чеддока ( $p = 0,910$ ;  $p < 0,001$ ). Проведен регрессионный анализ результатов субъективной и объективной ОЗ для пациентов второй (контрольной) группы. При увеличении ОЗ на одну ступень (на одну строчку по таблице Сивцева) следует ожидать увеличения ОЗ, определенной в ходе ИК ВНГ с оптоотипом «вертикальные полосы, разреженные на 3», на 1,096, то есть фактически также на одну ступень. В соответствии с коэффициентом детерминации  $R^2$ , в полученной модели величина объективной ОЗ на 95,6% факторов определена величиной СОЗ.

Нами была предпринята попытка установить характер связи между значением СОЗ, определенной по таблице Сивцева – Головина, и объективной ОЗ, полученной при выполнении ИК ВНГ с оптоотипом «вертикальные полосы, разреженные на 3», среди пациентов с отсутствием/наличием патологии центральной зоны сетчатки. Кривые, полученные в результате ROC-анализа, представлены на рис. 4.

ROC-кривая у пациентов с патологией центральной зоны сетчатки характеризовалась значением AUC, равным  $0,78 \pm 0,1$  (95% ДИ 0,59–0,98) в случае определения СОЗ

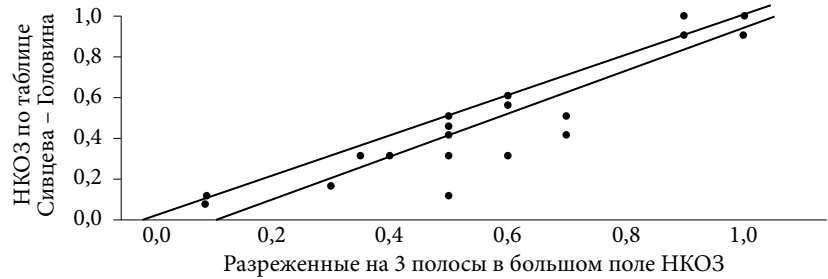


Рис. 2. Корреляционная связь между результатами проверки НКОЗ по таблице Сивцева – Головина и ИК ВНГ в первой группе

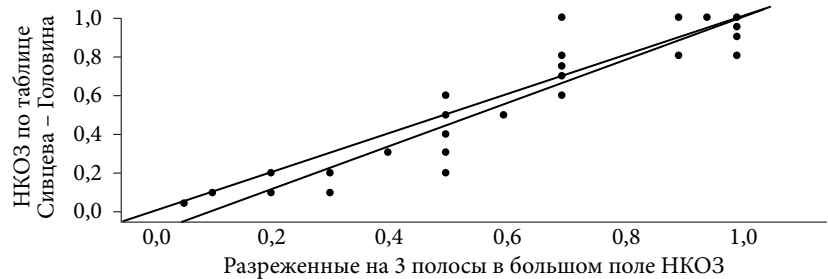


Рис. 3. Корреляционная связь между результатами проверки НКОЗ по таблице Сивцева – Головина и ИК ВНГ во второй группе

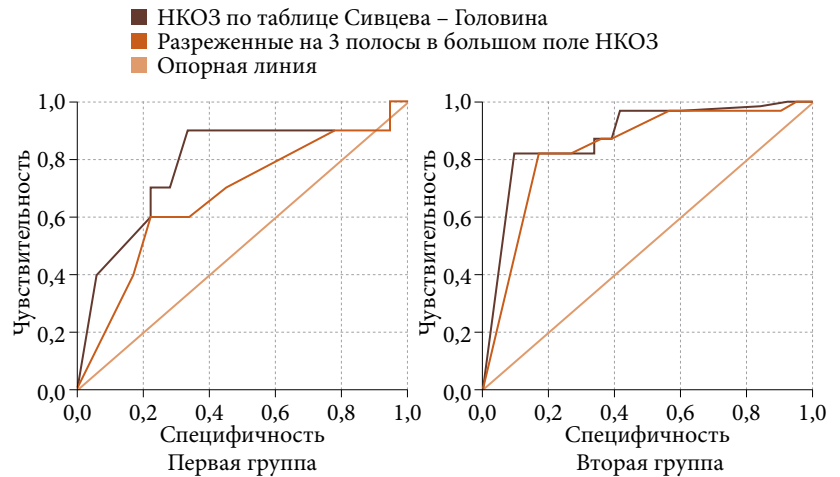


Рис. 4. ROC-кривая, характеризующая взаимосвязь субъективной и объективной ОЗ у пациентов с патологией центральной зоны сетчатки

по таблице Сивцева – Головина и  $0,67 \pm 0,1$  (95% ДИ 0,45–0,89) – в случае определения объективной ОЗ с оптоотипом «вертикальные полосы, разреженные на 3». Зависимость полученных результатов СОЗ оказалась прямой, статистически значимой ( $p < 0,001$ ). Чувствительность и специфичность модели составили 70,0 и 78,2% (данные по объективной ОЗ) соответственно.

Анализ ROC-кривой определил значение AUC, равное  $0,88 \pm 0,04$  (95% ДИ 0,81–0,95) в случае определения СОЗ по таблице Сивцева – Головина и  $0,84 \pm 0,04$  (95% ДИ 0,75–0,92) – при проведении ИК ВНГ. Зависимость полученных результатов СОЗ оказалась прямой, статистически значимой ( $p < 0,001$ ). Чувствительность и специфичность модели в этом случае составили 82,0 и 82,9% соответственно.



## Обсуждение

Определение ОЗ, пожалуй, самая распространенная диагностическая процедура в ежедневной практике врача-офтальмолога, так как дает специалисту понимание о функциональных возможностях глаза в настоящее время, позволяет проводить динамический контроль при развитии какого-либо заболевания или применения того или иного способа лечения.

ОЗ в подавляющем большинстве случаев устанавливается путем психофизических измерений на основании регистрации ответа испытуемого и определяется анатомической конструкцией глаза и звеньев зрительной системы. Однако на величину ОЗ наблюдателя влияет функциональное состояние различных отделов зрительного анализатора, по сути внимание человека, общее функциональное состояние испытуемого, знание тестов. Весьма важен выбор критерия, на основании которого испытуемый принимает решение о тесте, а врач судит об ОЗ пациента.

Современные методы определения ОЗ с использованием стандартных таблиц различной модификации (таблица Сивцева – Головина, кольца Ландольта и др.) во многом зависят от субъективных ответов пациента. Взаимодействие пациента и врача имеет решающее значение для надежности тестов по определению ОЗ [17, 26, 27]. Однако достоверность субъективных тестов для определения ОЗ резко снижается у пациентов с плохой коммуникацией. В частности, имеются в виду случаи функциональной потери зрения, нарушения речи, а также аггравации и симуляции [8, 9, 28–30]. Одним из методов, позволяющих снизить процент ошибок при определении ОЗ врачами-исследователями, является метод ИК ВНГ, основанный на индукции ОКН [31–33]. Данный метод впервые нашел свое применение для экспертных целей еще в 1950–60-х гг. [6, 14, 24–39]. Можно говорить, что с развитием компьютерных технологий, способов машинного обучения эта методика получила второе рождение [32, 40, 41]. Важно, что заложенный в основу метод индукции ОКН связан с физиологическим рефлекторным ответом, вызываемым серией опто-типов, движущихся в поле зрения. Поэтому многие исследователи ставят перед собой задачу оценить зрительные функции с помощью ОКН для объективизации данных. Применяя стимулы с различными характеристиками (размер, скорость движения, режим демонстрации), ряд авторов продемонстрировали

хорошие результаты при сопоставлении стандартных методик определения ОЗ зрения и нистагмографии [4, 9, 31, 42–46].

Полученные нами результаты определения объективной ОЗ с использованием комплекса ВИЗИОН, принцип работы которого основан на ИК-видеоаписи индуцированного нистагма для пациентов с патологией центральной зоны сетчатки по сравнению со здоровыми пациентами, позволил установить статистически значимую прямую корреляцию сопоставляемых признаков весьма высокой тесноты по шкале Чеддока (для первой группы  $r = 0,910$ ,  $p < 0,001$ , для второй группы  $r = 0,898$ ,  $p < 0,001$ ). На основании полученных в ходе анализа регрессионной модели результатов был сделан вывод о практически полном соответствии величин опто-типов в случае использования стандартных таблиц для определения СОЗ и проведения ИК ВНГ ( $Y_{pz} > = -0,136 + 1,077 * X_{Сив}$  и  $Y_{pz} > = -0,103 + 1,096 * X_{Сив}$  для первой и второй группы соответственно, где  $Y_{pz} >$  – значение остроты зрения, полученное в ходе проведения ИК ВНГ с опто-типом «вертикальные полосы, разреженные на 3»,  $X_{Сив}$  – значение остроты зрения, полученное в ходе исследования по классической методике с использованием таблицы Сивцева – Головина). Рассмотренная при проведении дисперсного анализа модель показала достаточно высокую чувствительность и специфичность предложенной методики – соответственно 70 и 78% в первой группе и 82 и 82,9% – во второй ( $p < 0,001$ ).

## Заключение

Метод ИК ВНГ для объективного определения ОЗ с помощью прибора КАП ВИЗИОН у пациентов с поражением центральной зоны сетчатки зарекомендовал себя как достаточно чувствительный, специфичный и безопасный.

Результаты пилотного исследования указывают на перспективность применения прибора КАП ВИЗИОН и метода ИК ВНГ в офтальмологической практике. Необходимы дальнейшие исследования в данном направлении. ☉

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.*

*Работа поддержана грантом Инновационного центра «Сколково».*

## Литература

1. Han S.B., Yang H.K., Hyon J.Y., et al. Efficacy of a computerized optokinetic nystagmus test in prediction of visual acuity of better than 20/200. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2011; 52 (10): 7492–7497.
2. Horng C.T., Hsieh Y.S., Tsai M.L., et al. Effects of horizontal acceleration on human visual acuity and stereopsis. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015; 12 (1): 910–926.
3. Zheng X., Xu G., Zhang K., et al. Assessment of human visual acuity using visual evoked potential: a review. Sensors (Basel). 2020; 20 (19).
4. Ковальская А.А., Коскин С.А., Бойко Э.В., Шелепин Ю.Е. Объективное исследование остроты зрения на основе регистрации оптокинетического нистагма с помощью инфракрасной видеоокулографии в целях врачебной экспертизы. Современная оптометрия. 2013; 3 (63): 18–23.



5. Коскин С.А., Ковальская А.А. Объективное определение остроты зрения на основе оптокинетического нистагма. Современные методы нистагмографии. Офтальмологические ведомости. 2012; 5 (1): 52–57.
6. Шибинская Н.И. Объективное определение остроты зрения на основе оптокинетического нистагма: автореф. дис. канд. мед. наук. Одесса, 1959; 13.
7. Шибинская Н.И. Оптокинетический нистагм как метод объективного определения остроты зрения. Офтальмологический журнал. 1959; 5: 306–3012.
8. Graf M. Objective evaluation of visual acuity. *Ophthalmologe*. 2000; 97 (8): 582–600.
9. Schwob N., Palmowski-Wolfe A. Objective measurement of visual acuity by optokinetic nystagmus suppression in children and adult patients. *J. AAPOS*. 2019; 23 (5): 272.e1–272.e6.
10. Bárány R. Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. *Mscr. Ohrenheilk.* 1906.
11. Ohm J. Optokinetic nystagmus in the objective examination of blindness. *Albrecht. Von. Graefes Arch. Ophthalmol.* 1950; 150 (5–6): 572–379.
12. Ohm J. Objective determination of visual acuity in nystagmus. *Klin. Monbl. Augenheilkd Augenarztl. Fortbild.* 1950; 116 (6): 646–650.
13. Ohm J. Nystagmus in the blind. *AMA Arch. Ophthalmol.* 1951; 151 (3–4): 293–326.
14. Ohm J. Elementary principles of optokinetic nystagmus. *Albrecht. Von. Graefes Arch. Ophthalmol.* 1957; 158 (5): 485–494.
15. Purkinje J.E. Observations and experiments on the physiology of the senses: new contributions to the knowledge of vision in its subjective aspect. *Georg. Reimer.* 1825; 12: 109–110.
16. Кроть М.Б., Минкина Э.С. Оптокинетический нистагм. Сборник, посвященный профессору А.И. Ющенко. 1928; 225.
17. Wesemann W., Heinrich S.P., Jagle H., et al. New DIN and ISO norms for determination of visual acuity. *Ophthalmologe*. 2020; 117 (1): 19–26.
18. Лещенко А.И. О системах и правилах определения остроты зрения. *Вестник оптометрии.* 2009; 3: 54–58.
19. Towle E.L., Garcia P.V., Smith P.A., et al. Visual disruption using the thermal lensing effect in the human eye: pilot study. *J. Biomed Opt.* 2012; 17 (10): 105007.
20. Кодрян А.И., Поручикова Е.П. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020611410 «Программа для ЭВМ для демонстрации визуально-графического стимула с функционалом для анализа движения глаз в ответ на визуальное раздражение». 2020.
21. Никифоров П.А., Поручикова Е.П. Патент РФ № 2734333 «Устройство фиксации вспомогательных линз и принадлежностей в устройстве для определения остроты зрения». 2020.
22. Никифоров П.А., Поручикова Е.П. Патент РФ № 2734334 «Держатель для обеспечения взаимного расположения камеры, зеркала, подсветки и корригирующих линз и их принадлежностей устройства для определения остроты зрения». 2020.
23. Keuninckx L., Cleeremans A. The color phi phenomenon: not so special, after all? *PLoS Comput. Biol.* 2021; 17 (9): e1009344.
24. Wiseman R., Houston W. Impossible movement illusions. *Iperception*. 2018; 9 (6): 2041669518816106.
25. Steinman R.M., Pizlo Z., Pizlo F.J. Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution. *Vision Res.* 2000; 40 (17): 2257–2264.
26. Graf M., Dettmar T., Kaufmann H. Objective determination of visual acuity. Improvement of an infrared nystagmography method and comparison with pattern visual evoked potentials. *Ophthalmologe*. 1996; 93 (4): 396–403.
27. Rohrschneider K., Spittler A.R., Bach M. Comparison of visual acuity measurement with Landolt rings versus numbers. *Ophthalmologe*. 2019; 116 (11): 1058–1063.
28. Fil'chikova L.I., Novikova L.A., Kovalevskii E.I., et al. An objective method of examining visual acuity in children with amblyopia. *Vestn. Oftalmol.* 1990; 106 (2): 40–44.
29. Luethy M.L., Schotzau A., Palmowski-Wolfe A. Establishing prediction intervals for the speedwheel acuity test in adults and children. *Klin. Monbl. Augenheilkd.* 2021; 238 (4): 488–492.
30. Graf M., Kaufmann H. Clinical application of a new method for the objective estimation of minimum visual acuity. *Klin. Monbl. Augenheilkd.* 1999; 214 (6): 395–400.
31. Han S.B., Han E.R., Hyon J.Y., et al. Measurement of distance objective visual acuity with the computerized optokinetic nystagmus test in patients with ocular diseases. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2011; 249 (9): 1379–1385.
32. Nakamura T., Kato I., Kanayama R., Koike Y. Computer analysis of optokinetic nystagmus for clinical usefulness. *Auris Nasus Larynx*. 1986; 13 (Suppl 2): S97–S103.
33. Pflirsching H.P., Frisch N., Wiegand W. Computer-assisted provocation and detection of optokinetic nystagmus. *Ophthalmologe*. 1994; 91 (1): 91–94.
34. Pirenne M.H. Off mechanisms and human visual acuity. *J. Physiol.* 1957; 137 (2): 48P–49.
35. Вязовский И.А. Прибор для объективного определения остроты зрения. Офтальмологический журнал. 1962; 7: 391–395.
36. Dayton G.O. Jr., Jones M.H., Aiu P., et al. Developmental study of coordinated eye movements in the human infant. J. visual acuity in the newborn human: a study based on induced optokinetic nystagmus recorded by electro-oculography. *Arch. Ophthalmol.* 1964; 71: 865–870.



37. Катичев Д.И. К методике объективного определения остроты зрения // Экспертиза нетрудоспособности при некоторых заболеваниях: IV научная сессия ДИВЭТИНа по вопросам врачебно-трудовой экспертизы. Днепропетровск, 1966; 177–184.
38. Неверов В.П. Оптикокинетический нистагм: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ленинград, 1966.
39. Lewkonia I. Objective assessment of visual acuity by induction of optokinetic nystagmus. Br. J. Ophthalmol. 1969; 53 (9): 641–644.
40. Fukai S., Hayakawa T., Tsutsui J. Objective visual acuity testing by optokinetic nystagmus suppression. Jpn. J. Ophthalmol. 1990; 34 (2): 239–244.
41. Graf M. Objective assessment of minimum visual acuity by suppression of optokinetic nystagmus. Klin. Monbl. Augenheilkd. 1998; 212 (4): 196–202.
42. Graf M. Strategies of visual acuity assessment. Klin. Monbl. Augenheilkd. 2004; 221 (7): 557–565.
43. Knapp C.M., Gottlob I., McLean R.J., Proudlock F.A. Horizontal and vertical look and stare optokinetic nystagmus symmetry in healthy adult volunteers. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2008; 49 (2): 581–588.
44. Ковальская А.А., Коскин С.А., Бойко Э.В., Шелепин Ю.Е. Объективное исследование остроты зрения на основе регистрации оптикокинетического нистагма с помощью инфракрасной видеоокулографии в целях врачебной экспертизы. Современная оптометрия. 2013; 3 (63): 27–33.
45. Ковальская А.А. Диагностические возможности инфракрасной окулографии в офтальмологии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2013.
46. Усанова Т.Б., Скрипаль А.В., Усанов Д.А., Абрамов А.В. Видеотехнология количественного контроля движения глазного яблока при нистагме. Вестник офтальмологии. 2002; 4: 38–41.

## Objective Determination of Visual Acuity in Patients with Macular Lesions Using Infrared Videonystagmography

E.P. Poruchikova, PhD<sup>1</sup>, Z.I. Mamedov<sup>2</sup>, I.A. Loskutov, PhD<sup>2</sup>, O.L. Poruchikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ISTOK AUDIO LABS LLC

<sup>2</sup> M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute

Contact person: Igor A. Loskutov, Loskoutigor@mail.ru

**The aim** is to study the possibilities of infrared videonystagmography as an objective method of assessing visual acuity.

**Material and methods.** The subject of the pilot study was the results of 45 patients (78 eyes) aged 25–80 years. The patients were divided into groups depending on the presence/absence of pathology of the central retinal region. All patients underwent a standard ophthalmological examination, which included autorefractometry, classical visometry using the standard Sivtsev – Golovin table, biomicroscopy of the anterior and posterior segments of the eye. Objective visual acuity was determined by infrared videonystagmography (IR VNG) using the optotype 'vertical stripes sparse by 3' in the full field of projection. Subjective and objective visual acuity were studied using the VISION hardware and software complex (IAI LLC, Russia). Statistical data processing was carried out using the Microsoft Office, STATISTICS (IBM) software package, which included methods of descriptive statistics, correlation analysis ( $r$ , Spearman's criterion), discrete analysis (the results were considered statistically reliable at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ ).

**Results.** Based on the survey data, all patients were divided into two groups. The first group included 20 patients (38 eyes) with a dry form of age-related macular degeneration, the second group included 25 patients (40 eyes) without pathology of the visual organ. The average value of uncorrected subjective visual acuity (USVA) according to the Sivtsev – Golovin table in the first group was  $0.561 \pm 0.324$  (0.436–0.686), uncorrected objective visual acuity (UOVA) –  $0.647 \pm 0.282$  (0.538–0.757), in the second –  $0.765 \pm 0.306$  (0.704–0.826) and  $0.735 \pm 0.344$  (0.667–0.803), respectively. Correlation analysis of the relationship between the results of uncorrected visual acuity, determined using the Sivtsev – Golovin table and optotypes for IR-VNG, allowed us to establish a statistically significant direct relationship between the compared signs of very high density (according to the Sivtsev – Golovin table, in the first group – sparse into 3 vertical bands,  $p = 0.898$  ( $p < 0.001$ ); in the second – sparse into 3 vertical bands,  $p = 0.910$  ( $p < 0.001$ )). The results obtained during the analysis of the regression model allowed us to conclude that the values of optotypes are almost completely consistent when using standard tables for determining subjective visual acuity and performing IR-videonystagmography ( $Y_{ps} > = -0.136 + 1.077 * X_{Cub}$  и  $Y_{ps} > = -0.103 + 1.096 * X_{Cub}$ ). The calculation of the sensitivity and specificity of the technique showed a high percentage of comparability of the results of the examination of USVA and UOVA (sensitivity and specificity – 70 and 78% of the first and 82 and 82.9% in the second group, respectively ( $p < 0.001$ )).

**Conclusion.** The data obtained indicate that the method is sufficiently reliable for the objective determination of visual acuity.

**Key words:** visometry, objective method for determining visual acuity, infrared videonystagmography, nystagmus, objective visual acuity, subjective visual acuity, optokinetic nystagmus, videonystagmography